

Laboratorio Ambiental y de Higiene Ocupacional
Urbanización Chanis, Local 145, Edificio J3
Teléfono: 323-7520/ 221-2253
administracion@envirolabonline.com
www.envirolabonline.com



Informe de Ensayo
Emisiones de Fuentes Fijas Significativas

MINERA PANAMÁ, S.A.
Punta Rincón - Cobre Panamá

FECHA: 29 y 31 de octubre de 2020
TIPO DE ESTUDIO: Ambiental
CLASIFICACIÓN: Seguimiento
NÚMERO DE INFORME: 2020-003-A697
NÚMERO DE PROPUESTA: 2020-A697-009 v.1
REDACTADO POR: Licda. Aminta Newman
REVISADO POR: Ing. Juan Icaza



Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

Contenido

Sección 1: Datos generales de la empresa....3
Sección 2: Método de medición 3
Sección 3: Fecha de monitoreo y coordenadas 4
Sección 4: Valores promedios obtenidos de la medición....4
Sección 5: Resumen ejecutivo de los resultados obtenidos 4
Sección 6: Datos referentes al combustible utilizado....4
Sección 7: Datos referentes al año de instalación de las fuentes 4
Sección 8: Resultado de los valores ponderados para emisiones....5
Sección 9: Conclusiones 7
ANEXO 1: Datos técnicos del monitoreo isocinético 8
ANEXO 2: Ubicación de las mediciones....12
ANEXO 3: Certificados de calibración 13
ANEXO 4: Fotografías de las mediciones....15
ANEXO 5: Equipos utilizados....16
ANEXO 6: Descripción de metodología utilizada 19
ANEXO 7: Glosario de fórmulas....22

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

Sección 1: Datos generales de la empresa	
Nombre	Minera Panamá, S.A.
Información general	Extracción de minerales
Localización	Punta Rincón, Colón
País	Panamá
Contraparte técnica	Ing. Gumercindo Castro
Sección 2: Método de medición	
Norma aplicable	Decreto Ejecutivo Nº 5 del 04 de febrero de 2009 por el cual se dictan las Normas Ambientales de Emisiones de Fuente Fijas en Panamá
Método	Para efectuar las mediciones, fueron utilizados los métodos de la Environmental Protection Agency (EPA): Método 1: Determinación de la ubicación de la medición y puntos de muestreo Método 2: Determinación de la velocidad del gas de la chimenea y la tasa del flujo volumétrico Método 3: Determinación del exceso de aire y peso molecular del gas seco Método 4: Determinación de la humedad en los gases de la chimenea Método 5: Determinación de las emisiones de material particulado en la fuente de la chimenea Método 6: Determinación de las emisiones de SO_2 en la fuente de la chimenea Método 7: Determinación de las emisiones de NO_x en la fuente de la chimenea Se utilizó el equipo Bacharach para el cálculo de los porcentajes de CO, CO2 y O2 este equipo fue programado para la medición de emisiones de fuentes fijas según el tipo de combustible, el muestreo se realizó en la sección de la chimenea recomendada por el método EPA 003. Se tomó un volumen total por muestra aproximado de 1.6 lts. Para el monitoreo del material particulado se utilizó el método gravimétrico establecido por la metodología de la EPA.
Instrumentos utilizados	1. Bacharach, número de serie 16070040 2. APEX con número de serie 1307035
Vigencia de calibración	Ver anexo 1
Descripción de los ajustes de campo	N/A
Incertidumbre	± 3 mg/m^3
Límite máximo	SO_X – 2000 mg/m^3 NOx – 750 mg/m^3 Material Particulado – 50 mg/m^3
Procedimiento Técnico	PT-08 Muestreo y Registro de Datos PT-29 Fuentes Fijas Significativas

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

Sección 3: Fecha de monitoreo y coordenadas

Identificación de la fuente	Coordenadas UTM (WGS 84)	Fecha de realización del método		
	Zona: 17 P	Método 5	Método 6	Método 7
Generador Unidad #1	533932 m E 996883 m N	2020-10-29		
Generador Unidad #2	533931 m E 996883 m N	2020-10-31		

Sección 4: Valores promedios obtenidos de la medición

Identificación de la fuente	Tipo de combustible	O_2 (%)	CO (mg/m³)	CO_2 (%)	Eficiencia (%)	Exceso de aire (λ)	Pérdidas (%)	T_{aire} (ºC)	T_{gas} (ºC)
Generador #1	Carbón	9,6	5,7	10,3	97,9	0,9	2,1	29,5	65
Generador #2	Carbón	11,2	1,1	8,8	97,9	1,2	2,1	33,7	64

Sección 5: Resumen ejecutivo de los resultados obtenidos[1]

Valores promedios normalizados y referenciados al 15% de O_2						
Identificación de la fuente	NOx (mg/N-m³)	Valor normado NOx (mg/N-m³)	SO_2 (mg/N-m³)	Valor normado SO_2 (mg/N-m³)	PTS (mg/N-m³)	Valor normado PTS (mg/N-m³)
Generador #1	45,89	750	1,37	2000	0,03	50
Generador #2	19,84		1,59		0,51	

Sección 6: Datos referentes al combustible utilizado

Tipo de combustible (especificaciones)	Ambas unidades cuentan con quemadores de baja emisión de NOx, sistema de reducción catalítica de NOx, desulfurización con agua de mar para SO2 y filtros de manga de alta eficiencia para reducción de Material Particulado.
Contenido de azufre (si aplica)	Carbón bituminoso de bajo contenido de azufre
Consumo total de la fuente (en Hp, Watts, BTU)	Unidad 1, 153 MW Unidad 2, 153 MW
Capacidad de la fuente en funcionamiento durante el monitoreo	Unidad 1, 150 MW Unidad 2, 145 MW

Sección 7: Datos referentes al año de instalación de las fuentes

Identificación de la fuente	Año de instalación de la fuente
Generador Unidad #1	**Posterior al año 2000**
Generador Unidad #2	

[1] Fuente: Monitoreo isocinético realizado en octubre de 2020

Derechos Reservados 2020

Sección 8: Resultado de los valores ponderados para emisiones

Cuadro 8.1

Valores del Método 5
Determinación de emisión de material particulado

Identificación de la fuente	Identificación del filtro	Peso total (mg)	Volumen estándar (N-m³)	Concentración por chimenea	
				Normalizada (mg/N-m³)	Referenciada al 15% de O_2 (mg/N-m³)
Generador Unidad #1	20-GF-ENV-06	0,06	1,102	0,05	0,03
Generador Unidad #2	20-GF-ENV-08	0,96	1,156	0,83	0,51

Cuadro 8.2

Valores del Método 6
Determinación de emisión de SO_2 en mg/N-m³

Identificación de la fuente	Identificación de filtro	Peso real (mg)	Volumen estándar (L)	Concentración por chimenea	
				Normalizada (mg/N-m³)	Referenciada al 15% de O_2 (mg/N-m³)
Generador Unidad #1	20-SO_2-ENV-11	0,16	60	2,60	1,37
Generador Unidad #2	20-SO_2-ENV-12	0,16		2,60	1,59

Cuadro 8.3

Valores ponderados del Método 7
Determinación de emisión de NO_x en mg/N-m³

Identificación de la fuente	Identificación de filtro	Peso real (mg)	Volumen efectivo muestreado (L)	Concentración por chimenea	
				Normalizada (mg/N-m³)	Referenciada al 15% de O_2 (mg/N-m³)
Generador Unidad #1	20-NO_x-ENV-11	0,17	1,985	87,20	45,89
Generador Unidad #2	20-NOx-ENV-12	0,06		32,40	19,84

Cuadro 8.4

Emisión global en mg/N-m³

Identificación de la fuente	Caudales (m³/seg)	Caudal total (m³/seg)	Factor de ponderación [2]	Contaminante (mg/N-m³)			Ponderado individual (mg/N-m³)			Emisión global (mg/N-m³)		
				PTS	SO_2	NO_x	PTS	SO_2	NO_x	PTS	SO_2	NO_x
Generador Unidad #1	148,31	302,00	0,49	0,03	1,37	45,89	0,01	0,67	22,54	0,27	1,48	32,63
Generador Unidad #2	153,69		0,51	0,51	1,59	19,84	0,26	0,81	10,10			

[2] De acuerdo a fórmula establecida en el Decreto Ejecutivo Nº 5 del 4 de febrero de 2009.

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

Cuadro 8.5	
Resumen de datos recopilados en Chimeneas **Valores promedios en ppm (tomado de valores normalizados)**	
Motor	**CO_2 (ppm)**
Generador Unidad 1	103000,00
Generador Unidad 2	88000,00
Cuadro 8.6	
Valores promedios referenciados al 15 % de O_2	
Motor	**CO_2 ($mg/N\text{-}m^3$)**
Generador Unidad 1	97556,77
Generador Unidad 2	96957,55
Cuadro 8.7	
Valores promedios en TPH[3]	
Motor	**CO_2 (TPH)**
Generador Unidad 1	52,08
Generador Unidad 2	53,64

3 **TPH**: Toneladas por hora

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

Sección 9: Conclusiones [4]

Interpretación de los resultados obtenidos

SO_2

El SO_2 resultó con un promedio general normalizado y referenciado de 1,48 mg/N-m^3 para el Generador Unidad #1 y Generador Unidad #2 que utilizan combustible carbón. Este valor es menor al límite máximo de 2000 mg/N-m^3, establecido en el Decreto Ejecutivo Nº 5 del 04 de febrero de 2009 por el cual se dictan las Normas Ambientales de Emisiones de Fuente Fijas en Panamá.

NOx

El NOx resultó con un promedio general normalizado y referenciado de 32,63 mg/N-m^3 para el Generador Unidad #1 y Generador Unidad #2 que utilizan combustible carbón. Este valor es menor al límite máximo de 750 mg/N-m^3, establecido en el Decreto Ejecutivo Nº 5 del 04 de febrero de 2009 por el cual se dictan las Normas Ambientales de Emisiones de Fuente Fijas en Panamá.

PTS (EPA 5)

Las partículas totales resultaron con un valor promedio normalizado y referenciado de 0,27 mg/N-m^3 para el Generador Unidad #1 y Generador Unidad #2 que utilizan combustible carbón. Este valor es menor al límite máximo de 50 mg/N-m^3, establecido en el Decreto Ejecutivo Nº 5 del 04 de febrero de 2009 por el cual se dictan las Normas Ambientales de Emisiones de Fuente Fijas en Panamá.

Sección 10: Equipo técnico

Nombre	Cargo	Identificación
Michael Alvarado	Técnico de Campo	4-765-1034
Carlos Villarreal	Técnico de Campo	4-764-2204
Handel De León	Técnico de Campo	2-716-2286

[4] Todos los valores fueron expresados en base a 15,0% de O_2

Derechos Reservados 2020

ANEXO 1: Datos técnicos del monitoreo isocinético

MÉTODO 1

EMPRESA MINERA PANAMÁ FECHA 2020-10-29

FORMA DE LA CHIMENEA: CIRCULAR X RECTANGULAR IDENTIFICACIÓN UNIDAD #1

CIRCULAR (MTS.): DIÁMETRO 4,00

NÚMERO DE MUESTREOS 12 NÚMERO DE TRAVESÍAS 1

DE PTOS/TRAVESÍA 12 1

TIEMPO DE MUESTREO POR PUNTO 5 MINUTOS PRESIÓN ATMOSFÉRICA 759,00

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

LONGITUD DEL NIPLE (CM): 16

DISTANCIA DESDE LA PARED DE LA CHIMENEA HASTA EL PUNTO DE LA TOMA DE MUESTRA

pto	% de diá.	distancia	pto	% de diá.	distancia
1	2,1	24,4	7	64,4	273,6
2	6,7	42,8	8	75	316
3	11,8	63,2	9	82,3	345,2
4	17,7	86,8	10	88,2	368,8
5	25,0	116	11	93,3	389,2
6	35,6	158,4	12	97,9	407,6

MÉTODO 2: DET. DE LA Ve. DEL GAS EN CHIMENEA Y EL CAUDAL

PTO.	Ts (°C)	ΔP (mmH2O)	√ΔP (mmH2O)	Tm (°C)	PE (mmH2O)
1	76,00	5,20	2,28	32	4,20
2	77,00	10,20	3,19	32	8,60
3	76,00	11,80	3,44	32	9,40
4	77,00	13,20	3,63	32	11,00
5	78,00	13,40	3,66	32	11,20
6	77,00	14,20	3,77	32	12,40
7	77,00	13,80	3,71	32	11,00
8	77,00	13,20	3,63	32	10,80
9	76,00	12,00	3,46	32	9,80
10	77,00	10,20	3,19	32	8,80
11	77,00	10,00	3,16	31	8,20
12	77,00	9,80	3,13	31	7,2
PROM.	76,83	11,42	3,36	31,83	9,38

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

MÉT. 3: ANALISIS DE GASES DE COMBUSTION Y PM GAS SECO

CO2 (%)	O2 (%)	CO (%)	N2 (%)	TEMP. °C AMBIENTE	TEMP. °C GASES DE CHIMENEA	% DE HUMEDAD COMBUSTIBLE
10,30	9,60	5	75,10	29,5	66	6,35

MÉT. 4: DET. DE CONT. DE HUMEDAD. EN LOS GASES DE LA CHIM.

SOLUCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ΔW (gr)	Total de agua colectada	Vol. (std)	% de humedad
NORMAL	616,2	653,1	36,9	**53,3**	**0,0711893**	**6,35**
MODIF	611,9	619,1	7,2			
VACIO	516,6	519,0	2,4			
SILICA GEL	660,1	666,9	6,8			

MÉT.5: DET. DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

I.D. FILTRO	W inicial (mg)	W final (mg)	ΔW (mg)	VOLUMEN (N-m3)	CONCENTRACION (mg/N-m3)
20-GF-ENV-06	353,96	354,02	0,06	1,102	0,05

DATOS DE CAMPO METODO 5

PTO	TIEMPO ACUM.	Ts (°C)	Tm (°C)	VOL LEIDO	ΔP (mmH2O)	ΔH (mmH2O)	PE (mmH2O)	VOL. Instrumen. (m3)	Vm std	Vs m/seg	% ISOC.
1	5	77	31	138163	7,2	25,4252	5,2	0,076	0,073	9,89229	98,9411
2	10	78	32	138255	10,4	36,7254	7	0,092	0,088	11,906	99,5792
3	15	78	32	138352	11,4	40,2566	9,2	0,097	0,093	12,4653	100,315
4	20	78	32	138455	12,4	43,7879	9,6	0,103	0,099	13,0005	102,169
5	25	77	33	138555	12	42,3754	9,2	0,1	0,095	12,7709	100,347
6	30	78	34	138656	12,4	43,7879	10	0,101	0,096	13,0005	99,533
7	35	77	34	138753	12,2	43,0817	9,8	0,097	0,092	12,8769	96,2274
8	40	78	34	138858	12,4	43,7879	10,4	0,105	0,100	13,0005	103,475
9	45	77	34	138955	12,2	43,0817	9,8	0,0965	0,092	12,8769	95,7314
10	50	77	35	139050	10,8	38,1379	8,8	0,0955	0,090	12,1155	100,318
11	55	77	35	139131	8,2	28,9565	5,8	0,081	0,077	10,5569	97,5621
12	60	75	35	139189	3,8	13,4189	2,8	0,058	0,055	7,16603	102,174
PROMEDIO		77,3	33,42	….	10,45	36,9019	8,133333	1,102	1,050	11,8024	99,6977

Caudal calculado 148,3128 m3/seg

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

MÉTODO 1

EMPRESA MINERA PANAMA FECHA 2020-10-31

FORMA DE LA CHIMENEA: CIRCULAR [X] RECTANGULAR [ ] IDENTIFICACIÓN UNIDAD #2

CIRCULAR (MTS.): [ ] DIÁMETRO 4,00

NÚMERO DE MUESTREOS 12 NÚMERO DE TRAVESÍAS 1

DE PTOS/TRAVESÍA 12 1

TIEMPO DE MUESTREO POR PUNTO 5 MINUTOS PRESIÓN ATMOSFÉRICA 759,00

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

LONGITUD DEL NIPLE (CM): 16

DISTANCIA DESDE LA PARED DE LA CHIMENEA HASTA EL PUNTO DE LA TOMA DE MUESTRA

pto	% de diá.	distancia	pto	% de diá.	distancia
1	2,1	24,4	7	64,4	273,6
2	6,7	42,8	8	75	316
3	11,8	63,2	9	82,3	345,2
4	17,7	86,8	10	88,2	368,8
5	25,0	116	11	93,3	389,2
6	35,6	158,4	12	97,9	407,6

MÉTODO 2: DET. DE LA Ve. DEL GAS EN CHIMENEA Y EL CAUDAL

PTO.	Ts (°C)	ΔP (mmH2O)	√ΔP (mmH2O)	Tm (°C)	PE (mmH2O)
1	72,00	6,00	2,45	30	4,60
2	72,00	9,20	3,03	30	8,40
3	73,00	11,20	3,35	30	9,20
4	73,00	12,80	3,58	30	9,40
5	73,00	13,40	3,66	30	10,20
6	73,00	14,20	3,77	30	12,00
7	73,00	15,00	3,87	31	11,00
8	73,00	13,20	3,63	31	9,80
9	73,00	12,40	3,52	31	9,60
10	73,00	11,80	3,44	30	9,20
11	73,00	10,00	3,16	30	8,20
12	67,00	7,80	2,79	30	6,2
PROM.	72,33	11,42	3,35	30,25	8,98

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

MÉT. 3: ANALISIS DE GASES DE COMBUSTION Y PM GAS SECO

CO2 (%)	O2 (%)	CO (%)	N2 (%)	TEMP. °C AMBIENTE	TEMP. °C GASES DE CHIMENEA	% DE HUMEDAD COMBUSTIBLE
8,80	11,20	1	79,00	33,7	64	6,81

MÉT. 4: DET. DE CONT. DE HUMEDAD. EN LOS GASES DE LA CHIM.

SOLUCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ΔW (gr)	Total de agua colectada	Vol. (std)	% de humedad
NORMAL	619,2	660,3	41,1	**60,6**	**0,0809395**	**6,81**
MODIF	608,3	618,1	9,8			
VACIO	517,7	520,3	2,6			
SILICA GEL	633,6	640,7	7,1			

MÉT.5: DET. DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

I.D. FILTRO	W inicial (mg)	W final (mg)	ΔW (mg)	VOLUMEN (N-m3)	CONCENTRACION (mg/N-m3)
20-GF-ENV-08	339,88	338,92	0,96	1,156	0,83

DATOS DE CAMPO METODO 5

PTO	TIEMPO ACUM.	Ts (°C)	Tm (°C)	VOL LEIDO	ΔP (mmH2O)	ΔH (mmH2O)	PE (mmH2O)	VOL. Instrumen. (m3)	Vm std	Vs m/seg	% ISOC.
1	5	66	30	140630	9,2	32,4722	7,6	0,088	0,085	11,0487	100,237
2	10	72	30	140725	10,8	38,1195	8,8	0,095	0,091	12,0764	100,809
3	15	73	31	140815	9,8	34,5899	9,2	0,09	0,086	11,5203	100,039
4	20	73	31	140916	12,2	43,0609	10,2	0,101	0,097	12,8538	100,701
5	25	73	32	141014	11,8	41,6491	9,8	0,098	0,094	12,6414	99,0134
6	30	73	32	141113	11,4	40,2372	9,2	0,099	0,095	12,4252	101,75
7	35	72	31	141218	13,2	46,5905	9,8	0,105	0,101	13,3509	100,534
8	40	73	31	141318	12	42,355	10,8	0,1	0,096	12,748	100,525
9	45	73	32	141417	11,8	41,6491	9,4	0,099	0,095	12,6414	100,024
10	50	73	32	141513	11,2	39,5313	9,2	0,096	0,092	12,3158	99,5365
11	55	73	32	141608	10,4	36,7077	8,4	0,095	0,091	11,8678	102,19
12	60	73	32	141698	9,4	33,1781	7,8	0,09	0,086	11,2828	101,796
PROMEDIO		72,3	31,33	….	11,1	39,1784	9,183333	1,156	1,108	12,231	100,596

Caudal calculado | 153,6998 | m3/seg

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

ANEXO 2: Ubicación de las mediciones



Proyecto minero ubicado en Punta Rincón, la población más cercana es la comunidad de Rio Caimito a unos 1,5 km. de distancia

Derechos Reservados 2020

ANEXO 3: Certificados de calibración

ITS

SGLC-F02 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN v.6

Certificado No: 284-20-065 v.0

Datos de referencia

Cliente:	Envirolab	**Fecha de Recibido:**	21-sep-20
Dirección:	Urb. Chanis, Vía Principal - Edificio Jtres, No.145. Panamá.	**Fecha de Calibración:**	24-sep-20
Equipo:	Bacharach PCA·3	**Proxima Calibración:**	24-sep-21
Fabricante:	Bacharach Inc		
Número de Serie:	16070040		

Componentes:	No. de serie
Sensor O_2	31171793
Sensor CO	31101281046
Sensor SO2	30218012
Sensor NO	31441523

Condiciones de Prueba

Temperatura:	22,9ºC a 22,9 ºC
Humedad Relativa:	57% a 57%
Presión Barométrica:	1013 mBar

Condiciones del Equipo

Antes de calibración:	no cumple
Después de calibración:	cumple

Procedimiento de Calibración: SGLC-PT03

Estándar(es) de Referencia

Dispositivo	No. de Parte	No. de Lote	Fecha de Expiración
Sulfur Dioxide (SO_2), 100ppm	116ES-175-100	GBI-175-100-1	2020-12-02
Nitric Oxide (NO) 250ppm	116ES-125-250	MBI-125-250-1	2020-12-02
Carbon Monoxide (CO) 500ppm	116ES-49-500	GBI-49-500-4	2022-21-06

Incertidumbre de Medición

Monóxido de Carbono, Oxide Nitric. Sulfur Dioxide, Oxígeno +/- 10% certificado al menor de sus componentes

El instrumento ha sido ajustado a valores nominales, utilizando gases para calibraciones manufacturados con trazabilidad al Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST por sus siglas en inglés).
El sistema de calibración del laboratorio está en cumplimiento con la guía ISO 32.

Calibrado por: Ezequiel Cedeño B. (Nombre) — Firma del Técnico de Calibración — Fecha: 24-sep-20

Revisado/Aprobado por: Rubén R. Ríos R. (Nombre) — Firma del Director de Laboratorio — Fecha: 28-sep-20

Este reporte certifica que todos los equipos de calibración usados en la prueba son trazables al NIST, y aplican solamente para el equipo identificado arriba.
Este reporte no debe ser reproducido en su totalidad o parcialmente sin la aprobación escrita de Grupo ITS.
Los valores, fecha y hora presentados en este certificado están sujetos a la reglamentación del Sistema Internacional de Medidas SI.

Urbanización Reparto de Chanis, Calle A y Calle H - Local 145 Planta baja
Tel.: (507) 221-2253; 323-7500 Fax: (507) 224-8087
Apartado Postal 0843-01133 Rep. de Panamá
E-mail: calibraciones@grupo-its.com

Derechos Reservados 2020



PT11-02 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN v.0

Certificado No: 284-20-087 v.0.

Cliente: EnviroLAB
Dirección: Urb. Chanis Vía Principal -Edificio J3. No. 145 Panama.
Fabricante : APEX Instruments
Numero de Serie: 1307035

Equipo: Ápex
Fecha de Calibración: 26-oct-2020
Próxima Calibración: 26-oct-2021

Condiciones de Prueba

Temperatura: 22.0 °C a 22.0 °C
Humedad Relativa: 55% a 54%
Presión Barométrica: 1012 mbar a 1012 mbar

Condiciones del Equipo

Antes de calibración: Si Cumple
Después de la Calibración: Si Cumple

Tiempo de Corrido	Orificio DMG	Volumen Inicial	Temp Inicial	Temp Final	Serie de Orificio Critico	Coeficiente	Amb Temp Final	Vacío Real
(min)	(mm H2O)	(m3)	(°C)	(°C)		(K)	(°C)	(mmHg)
10	40	137409,2	22	22	40	0,2341	22	610
10	55	137513,4	21	22	55	0,4453	22	558.8
10	73	137694,6	22	22	73	0,8131	22	444.5

1 Para resultados válidos, el vacío real debe ser de 25 a 50 mmHg mayor que el vacío teórico crítico se muestra arriba.
2 El Coeficiente orificio crítico, K ', se debe introducir en unidades métricas, m3 * K1 / 2) / (mmHg * min).

Calibrado por: Ezequiel Cedeño B. Fecha: 26-oct-20
Nombre Firma del Técnico de Calibración

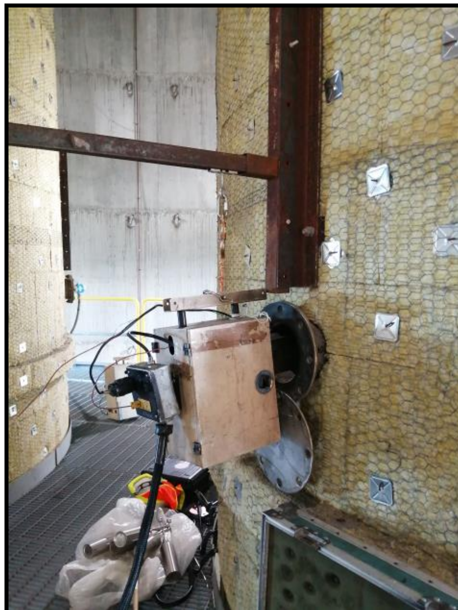
Revisado por: Rubén R. Ríos R. Fecha: 28-oct-20
Nombre Firma del Supervisor Técnico de Laboratorio

Este reporte certifica que todos los equipos de calibración usados en la prueba son trazables al NIST, y aplican solamente para el equipo identificado arriba.

Este reporte no debe ser reproducido en su totalidad o parcialmente sin la aprobación escrita de Grupo ITS

Urbanización Reparto de Chanis, Calle A y Calle H - Local 145 Planta baja
Tel.: (507) 221-2253; 323-7500 Fax: (507) 224-8087
Apartado Postal 0843-01133 Rep. de Panamá
E-mail: calibraciones@grupo-its.com

ANEXO 4: Fotografías de las mediciones



Generador Unidad #1



Generador Unidad #1



Generador Unidad #2



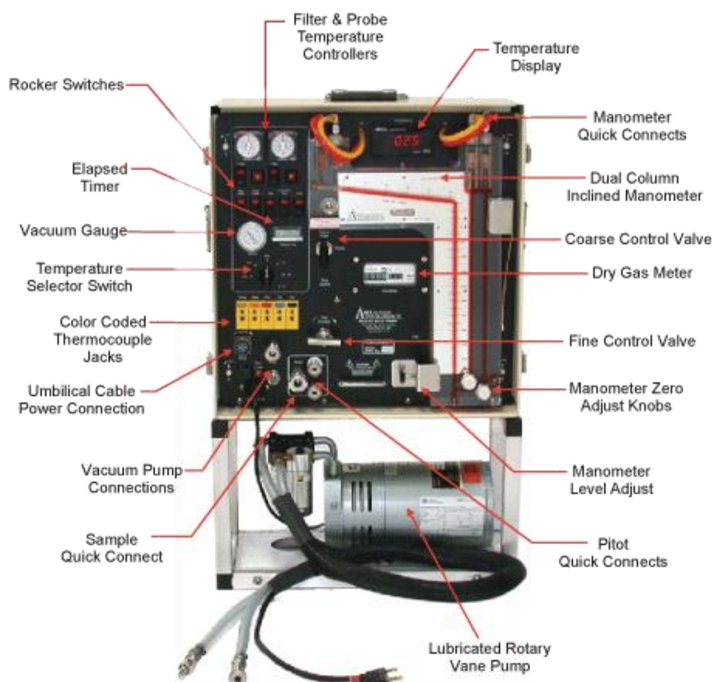
Generador Unidad #2

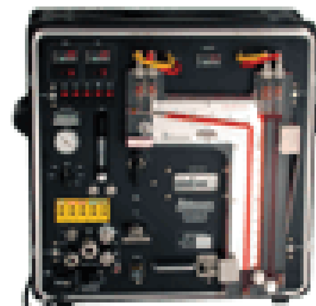
Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

ANEXO 5: Equipos utilizados

EQUIPO UTILIZADO EN LAS MEDICIONES DE CHIMENEAS

Consola de muestreo isocinético para Método 5 fabricado por *Apex Instruments* cumple con los criterios y especificaciones de diseño de construcción, citados en el Método 5 de la US EPA, código de regulaciones federales (40CFR Part 60).





Modelo actualizado

Bomba rotativa XE-0523



E-0523+-
Especificaciones:

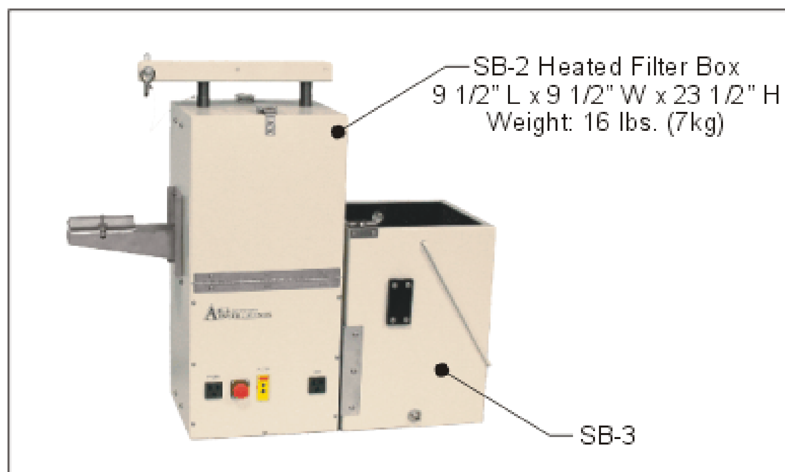
Motor:	1/4 hp, 120/240V 60/50Hz 4.6/2.3 Amp., RPM 1725/1425
Flujo de medición :	3.1 cfm@ 1 pulg. Hg; 1.5 cfm@ 15 pulg. Hg
Vacío máximo:	25.5 pulgadas de Hg
Peso:	35 lbs. (16kg)

Derechos Reservados 2020

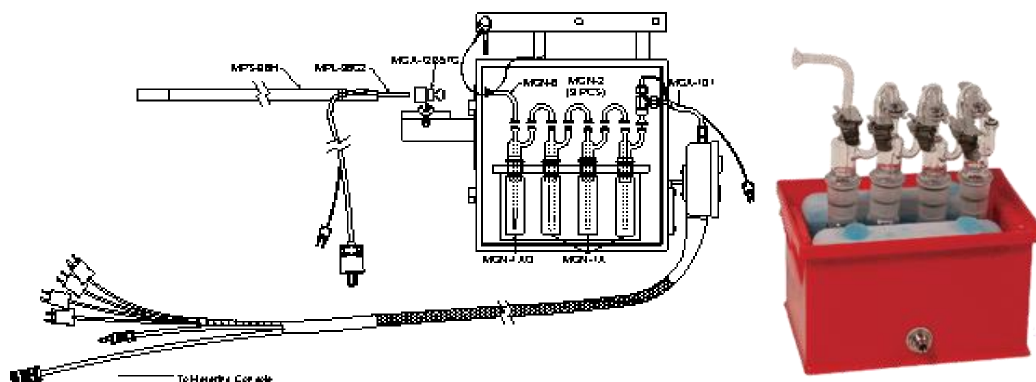
Sonda de prueba para método 5. De acero inoxidable, cuenta con pitot tipo "S", con un calentador que impide la condensación de los gases muestreados, así como sensores de temperatura con sus cables de lectura remota.



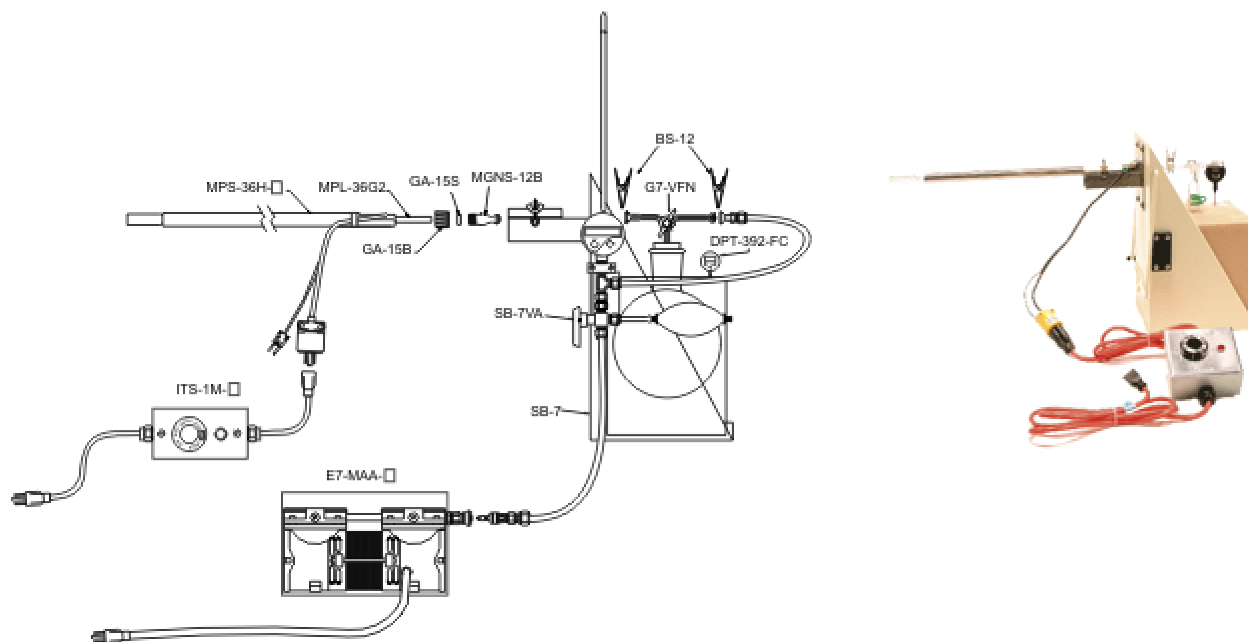
Cajas modulares para las muestras. Estas cajas tienen el propósito de alojar los impingers y los matraz dependiendo del tipo de muestreo). Pueden tener una caja para el matraz (Método 7), una caja fría para mantener los mini impingers a una baja temperatura (Método 6), o tener una caja caliente para el filtro y una caja fría para los impingers (Método 5).



Caja modular y tren de muestreo para Método 6



Caja modular y equipo de muestreo para Método 7 (NOx)



Derechos Reservados 2020

ANEXO 6: Descripción de metodología utilizada

A. Sistema de muestreo utilizado en las chimeneas

Las chimeneas fueron muestreadas utilizando la siguiente metodología:

EPA Método No. 1: *Determinación de la ubicación de la medición y puntos de muestreo*.

Este método se aplica cuando las trayectorias de las partículas en movimiento están definidas, conservando un régimen, en lo posible, laminar en la chimenea.

Para desarrollar el método, primero se define la distancia, en número de diámetros, antes y después del punto de medición (este punto ya había sido correctamente fijado por la empresa). Con esta información se usa el gráfico para determinar el número de puntos de muestreos.

EPA Método No. 2: *Determinación de la velocidad del gas de la chimenea y la tasa del flujo volumétrico.*

El método es utilizado para calcular el promedio de la velocidad del gas en la chimenea (V_s), a partir del promedio de la temperatura del gas de la chimenea (T_s), y el promedio de la presión de la chimenea (ΔP) haciendo uso de un tubo pitot tipo "S". Se hace un recorrido inicial por un período de 30 segundos por cada punto, para proceder a obtener los promedios de (ΔP) y (T_s).

Con los datos de velocidad se puede hallar el gasto volumétrico en las chimeneas.

EPA Método No. 3: *Determinación del exceso de aire y peso molecular del gas seco*

El método es aplicable para determinar el porcentaje en peso del dióxido de carbono CO_2 , el porcentaje en peso del Oxígeno O_2, el porcentaje en peso del monóxido de carbono CO, el porcentaje en peso del nitrógeno N_2 los cuales de acuerdo al proceso de combustión permite el cálculo del peso molecular del gas seco en la fuente fija.

Los gases recombustión fueron extraídos de la fuente fija con la ayuda de un analizador de combustión electrónico, con sensores electroquímico.

El peso molecular de los gases de combustión se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$Md = 0.44*(\%CO_2) + 0.32*(\%O_2) + 0.28*(\%N_2 + \%CO)$

Md= Peso molecular del gas seco

EPA Método No. 4: *Determinación de la humedad en los gases de la chimenea.*

El método es aplicable para determinar el contenido de humedad preliminar de los gases que viajan por la fuente fija, ya que la humedad definitiva se reporta al final del muestreo isocinético, es decir, una vez desarrollado el método 5 de la EPA. Este dato preliminar es relevante en la determinación de la boquilla requerida para el muestreo.

El método consiste en tomar una muestra de los gases que fluyen por la chimenea, succionándolo con la bomba del APEX, pasando estos gases a través de un filtro para retener el material particulado, se emplearon 4 frascos colectores (impingers), de los cuales los dos primeros contienen un volumen y peso conocido de agua destilada, el tercero va vacío y el cuarto contiene 200 gramos de silica gel con su peso conocido. Los frascos colectores son posicionados de acuerdo a lo establecido en el

Derechos Reservados 2020

método 5, en el compartimiento de la caja fría y se rodean con hielo, con el propósito de condensar la humedad presente en los gases succionados. Lo anterior permite encontrar la humedad en forma gravimétrica.

EPA Método No. 5: *Determinación de las emisiones de material particulado en la fuente de la chimenea.*

Después de hacer todas las conexiones al APEX, se procede a succionar los gases de la chimenea, incluyendo el material particulado, isocinéticamente. La captura de la muestra se logra a través de una tobera. El gas con material particulado pasa a una cámara de filtración donde las partículas son retenidas en un filtro de micro fibra de vidrio, libre de compuestos orgánicos con una eficiencia de 99.955, para la retención de partículas hasta de 0.3 µm. Esta captura se realiza a una temperatura entre 100 °C y 120°C para evitar la condensación de los gases en el filtro. Para conseguir esta condición, el APEX cuenta con una caja caliente. La cantidad de material particulado recolectado en el filtro se determina gravimétricamente.

EPA Método No. 6: *Determinación de las emisiones de SO_2 en la fuente de la chimenea*

El uso de este método tiene como propósito extraer una muestra de los gases que fluyen en la chimenea a través de una sonda introducida en el punto de muestreo. El SO_2 y el trióxido de azufre, incluyendo aquellas fracciones de cualquier neblina de ácido sulfuroso, son separados. La fracción de SO_2 es medida a través del método bario-torin.

Se emplearon 4 mini colectores de 30 mililitros (mini impingers), de los cuales el primero lleva alcohol isopropílico, el segundo y tercero peróxido y el último silica gel, todos ubicados en el compartimiento de la caja fría rodeados con hielo.

Después de hacer todas las conexiones entre el APEX y los 4 mini colectores de la caja fría (SK-606), se procede a succionar los gases de la chimenea. En el primer mini frasco colector se coloca un filtro de lana de fibra de vidrio, para retener el material particulado. Se ajusta el flujo de muestreo a 1.0 litros/minuto +/-10%. Este flujo se debe mantener constante durante todo el tiempo del muestreo. La duración recomendada del muestreo es de 20 minutos.

EPA Método No. 7: *Determinación de las emisiones de NO_x en la fuente de la chimenea*

El uso de este método tiene como propósito colectar una muestra de los gases que fluyen en la chimenea. Estos gases serán atrapados en un matraz que contiene una solución absorbente diluida de peróxido y ácido sulfúrico. Previo al inicio de la prueba, se ensambló el conjunto de matraz y válvula de control, se llenó de agua para determinar el volumen total.

Se conectó la caja, la punta de prueba, los sensores y demás accesorios al APEX; posteriormente, se realizó un vacío de 75 mm de Hg dentro del matraz, una vez logrado este vacío se abrió la válvula que conecta la sonda de prueba, fluyendo los gases de la chimenea hacia dentro del matraz. Una vez igualadas las presiones, se sella el matraz, se deja reposar por 16 horas, luego se agita el contenido por 2 minutos, a continuación se transfiere el contenido a un envase de polietileno para su posterior análisis.

Editado e Impreso por: EnviroLab, S.A.
Derechos Reservados 2020

B. Contaminantes evaluados

El resultado de contaminantes evaluados se encuentra resumido en la sección 4 y en el anexo 1. De acuerdo a los cálculos realizados, se deben medir un mínimo de 12 puntos distribuidos a lo largo del diámetro interno de cada una de las chimeneas. Se procedió a determinar las concentraciones de las siguientes emisiones:

Emisión	Fórmula	Unidades	
Monóxido de Carbono	CO	ppm	ppm
Óxido de Azufre	SO_x (SO_2)	ppm	mg/N-m^3
Óxido de Nitrógeno	NO_x (NO_2)	ppm	mg/N-m^3
Partículas Totales	PMT	------	mg/N-m^3

1. Gases
Las emisiones se ajustaron a 15% de O_2 de acuerdo a las recomendaciones del Decreto Ejecutivo Nº 5 del 04 de febrero de 2009 por el cual se dictan las Normas Ambientales de Emisiones de Fuente Fijas en Panamá.

2. Partículas en Suspensión
Las partículas en suspensión se determinaron mediante captura isocinética en filtro de fibra de vidrio, el cual es pesado en una balanza analítica con precisión de 0.00001 gramos antes y después de la medición.

Derechos Reservados 2020

ANEXO 7: Glosario de fórmulas

Cálculos

K = 8.038*105(Dn4)ΔH@(Cp2*((1-BH2O)*(1-BH2O)*(Md/Mh)*(Ps/Pm)
K = COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDAD QUE RELACIONA ΔP Y ΔH
ΔH@ = COEFICIENTE DEL MEDIDOR DE ORIFICIO DEPENDE DEL EQUIPO USADO, APROX. 49.007 PARA APEX (CALIBRACIÓN DGM)
Cp = COEFICIENTE DEL TUBO PITOT, PARA EL APEX ES 0.84
Dn = DIÁMETRO DE LA BOQUILLA EN mm
BH2O = CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GAS EN FRACCIÓN ASUMIDA O CALCULADA
Md = PESO MOLECULAR DEL GAS SECO (gr./gr-mol)
44(%C02)+0.32(%O2)+0.28(%C0+%N2)
Mh = PESO MOLECULAR DEL GAS HÚMEDO (gr./gr-mol)
Ps = PRESIÓN ABSOLUTA DEL GAS EN CHIMENEA (mm Hg) ASUMIR LA ATMOSFÉRICA
Pm = PRESIÓN ABSOLUTA DEL MEDIDOR (mm Hg). ASUMIR LA ATMOSFÉRICA
Vs = KpCp▪√Δpaverag*√(Ts/(Ps/Pm)
Vs = VELOCIDAD DE GASES EN CHIMENEA (PROMEDIO)
Kp = Constante de conversión (834,96 S.I., 85,48 U.S.)

Derechos Reservados 2020

DIÁMETRO DE LA BOQUILLA

Para poder realizar el muestreo isocinético se debe escoger el diámetro de la boquilla que nos garantice la succión de la muestra a igual velocidad. Luego de encontrar la boquilla ideal, se selecciona de entre las boquillas disponibles y se selecciona la boquilla mas próxima a la ideal encontrada por la formula presentada a continuación.

Dn = √{(K3*Qm*Pm√(Ts*Mh))/Tm*Cp*(1-BH2O)√(PsΔp_{avg})}

Dn = DIÁMETRO DE BOQUILLA IDEAL (mm)

K3 = 0,6071

Qm = FLUJO DE GAS A TRAVÉS DEL MEDIDOR (L/min)

Pm = PRESIÓN ABSOLUTA DEL GAS EN MEDIDOR (mm Hg)

Ts = TEMPERATURA ABSOLUTA PROMEDIO EN CHIMENEA EN KELVIN

Mh = PESO MOLECULAR DEL GAS HÚMEDO (gr./gr-mol)

Tm = TEMPERATURA ABSOLUTA PROMEDIO EN EL MEDIDOR EN KELVIN (C+ 273,15)

Cp = COEFICIENTE DEL TUBO PITOT, USAR COEFICIENTE DEL APEX

B_{H2O} = CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GAS EN FRACCIÓN ASUMIDA O CALCULADA

Ps = PRESIÓN ABSOLUTA DEL GAS EN CHIMENEA (mm Hg)

Δp avg = PRESIÓN PROMEDIO DEL PITOT (mm DE H2O)

PORCENTAJE DE ISOCINETISMO

Isocinetismo: Es la relación existente entre el valor de la velocidad promedio de succión en el equipo de muestreo y el valor de la velocidad promedio en la chimenea durante el tiempo de muestreo.

I% = K_{5*}Ts*Vm(std)/((Ps*Vs*An*θ)+(1-BH2O)

K5 = constante de isocinetismo

Ts = TEMPERATURA DE LA CHIMENEA S-STACK

Vm (std) = VOLUMEN DE GAS SECO DEL MEDIDOR, (FORMULA PARA EL APEX)

Vm (std) = K1*Y*Vm*(Pbar+ΔH/13,6)/Tm =VOLUMEN DEL GAS DE MEDIDOR

Vs = Kp*Cp(√ΔP)$_{AVG}$*√Ts(avg)/(Ps*Ms) = VELOCIDAD DEL GAS EN CHIMENEA

Ps = PRESIÓN ABSOLUTA DEL GAS EN CHIMENEA (mm Hg)

An = SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA BOQUILLA

θ = TIEMPO EN MINUTOS

Vs = Kp*Cp*√(Ts(avg)/(Ps*Ms)) = VELOCIDAD DEL GAS EN CHIMENEA

--- FIN DEL DOCUMENTO ---

****EnviroLab S.A., sólo se hace responsable por los resultados de los puntos monitoreados y descritos en este Informe.**

Derechos Reservados 2020